

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

Rec'd PCT/PTO 18 MAY 2005

(19)世界知的所有権機関
国際事務局(43)国際公開日
2004年6月3日 (03.06.2004)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2004/047393 A1

(51)国際特許分類:

H04L 27/00

(72)発明者; および

(21)国際出願番号:

PCT/JP2003/014248

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 長谷川一知
(HASEGAWA,Kazutomo) [JP/JP]; 〒213-8586 神奈川
県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通アクセス
株式会社内 Kanagawa (JP).

(22)国際出願日: 2003年11月10日 (10.11.2003)

日本語

(74)代理人: 古谷史旺 (FURUYA,Fumio); 〒160-0023 東
京都 新宿区西新宿1丁目19番5号 第2明宝ビル
9階 Tokyo (JP).

(25)国際出願の言語:

日本語

(26)国際公開の言語:

日本語

(30)優先権データ:
特願2002-335020

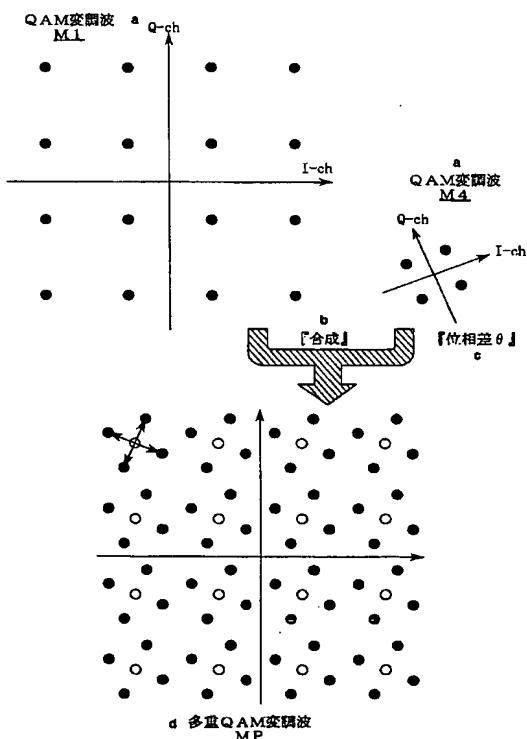
2002年11月19日 (19.11.2002) JP

(81)指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,
HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 富士
通アクセス株式会社 (FUJITSU ACCESS LIMITED)
[JP/JP]; 〒213-8586 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁
目17番3号 Kanagawa (JP).

〔統葉有〕

(54)Title: MULTIPLE QAM MODULATION DEVICE, MULTIPLE QAM DEMODULATION DEVICE, AND COMMUNICA-
TION METHOD USING GAIN-DIFFERENCE MULTIPLEXING

(54)発明の名称: 利得差多重を用いた多重QAM変調装置、多重QAM復調装置、および通信方法



(57) **Abstract:** A multiple QAM modulation device includes a QAM modulation section and a modulated wave synthesis section. The QAM modulation section QAM-modulates a plurality of input data (including one input data divided into plural parts) with a common carrier frequency so as to generate a plurality of QAM-modulated waves. In the modulated wave synthesis section, a gain difference is given to the plurality of QAM-modulated waves and the plurality of QAM-modulated waves are synthesized to generate a multiple QAM-modulated wave. Here, the modulated wave synthesis section gives the gain difference to the QAM-modulated wave before the synthesis so that the signal point constellation of the multiple QAM-modulated wave after the synthesis is not overlapped.

(57) **要約:** 本発明の多重QAM変調装置は、QAM変調部、および変調波合成部を備える。このQAM変調部は、複数の入力データ(1つの入力データを区分したものも含む)を、共通の搬送波周波数でそれぞれQAM変調することにより、複数のQAM変調波を生成する。変調波合成部では、複数のQAM変調波に利得差を与えた状態で、複数のQAM変調波を合成して、多重QAM変調波を生成する。このとき、変調波合成部は、合成後の多重QAM変調波の信号点配置が重複しないように、合成前のQAM変調波に利得差を与える。

WO 2004/047393 A1



(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

利得差多重を用いた多重QAM変調装置、
多重QAM復調装置、および通信方法

5

技術分野

本発明は、デジタルデータの伝送に関する発明である。さらに詳しくは、QAM変調の多重化に関する発明である。

10

背景技術

従来、デジタルデータの変調方式として、QAM変調方式が知られている。

このQAM変調方式は、直交する2つのASK（振幅変調）波を加え合わせることによって、搬送波の位相と振幅を同時に変化させる変調方式である。このQAM変調方式では、多値の信号伝送が実現可能である。例えば、同相成分の信号15 レベルをn種類とし、直交成分の信号レベルをm種類とすると、双方を組み合わせることにより $(n \times m)$ 値の信号を一度に伝送することが可能になる。

また、上述したQAM変調波を周波数多重化した変調方式として、DMT方式が知られている。

さらに、上述したQAM変調方式を元にした変調方式として、CAP方式など20 も知られている。

また、QAM変調方式の信号点配置（コンスタレーション）を工夫した従来技術としては、下記の特許文献1が知られている。この特許文献1では、同相成分および直交成分の振幅レベルを非線形に設定することにより、信号間距離の設定自由度を高めている。

25 特許文献1：特開平8-79325号公報

ところで、デジタルデータの伝送分野では、より高速な伝送技術が強く要望されている。そのため、QAM変調方式においても、一度に大量の情報量を伝送できるよう、さらなる多値化の実現が求められている。

発明の開示

そこで、本発明は、上述したQAM変調方式において、多値を実現するための新しい多重化技術を提供することを目的とする。

また、本発明の別の目的は、QAM変調方式の信号点配置の自由度を高めるための技術を提供することである。

さらに、本発明の別の目的は、本発明により生成される多重QAM変調波を効率的に復調するための技術を提供することである。

以下、本発明について説明する。

(1)

10 本発明の多重QAM変調装置は、QAM変調部、および変調波合成部を備える。

このQAM変調部では、複数の入力データ（1つの入力データを区分したものも含む）を、共通の搬送波周波数でそれぞれQAM変調することにより、複数のQAM変調波を生成する。

15 変調波合成部では、複数のQAM変調波に利得差を与えた状態で、複数のQAM変調波を合成して、多重QAM変調波を生成する。このとき、変調波合成部は、合成後の多重QAM変調波の信号点配置が重複しないように、合成前のQAM変調波に利得差を与える。

なお、このような本発明の多重方式を、従来の「周波数多重」と区別するため、本明細書では「利得差多重」とよぶ。

20 以下、具体例を挙げて説明する。

図1は、多重QAM変調波の合成例を示す図である。図1において、合成前のQAM変調波M1は、16値のQAM変調波である。もう一方のQAM変調波M2は、4値のQAM変調波である。

これらQAM変調波M1, M2は、搬送波周波数が等しい。そのため、QAM変調波M1, M2の合成は、IQコンスタレーション上における信号点のベクトル加算として考えることができる。

すなわち、図1のケースでは、QAM変調波M1の16個の信号点と、QAM変調波M2の4個の信号点とをそれぞれにベクトル加算することにより、 $16 \times 4 = 64$ 個の新たな信号点を持つ多重QAM変調波MMが生成される。

このような合成では、場合によって、多重QAM変調波MMの信号点が重複し、信号伝送に利用できなくなるという問題が生じる。

本発明では、この問題を、合成前のQAM変調波M1, M2に利得差を与えることで解決している。すなわち、一方のQAM変調波M2の利得を相対的に下げることにより、多重QAM変調MMの各信号点の広がりを抑制し、隣接する信号点の重複を防止している。

なお、図1では、多重QAM変調波MMの信号点を等間隔配置する場合について図示した。しかしながら、合成前の利得差や信号点配置などを調整することで、信号点を所望する不等間隔に配置した多重QAM変調波を容易に生成することも可能である。

図2は、別の合成例を示す図である。この例では、QAM変調波M2に代えて、QAM変調波M3を使用する。このQAM変調波M3は、4値QAMにゼロ点（搬送波なしの状態）を信号として追加したものである。このゼロ点を含むQAM変調波M3を、QAM変調波M1に合成することにより、QAM変調波M1の信号点をそのまま多重QAM変調波MNに残すことが可能になる。すなわち、多重QAM変調波MNには、合成による信号点64個と、合成前の信号点16個とを合わせた、合計80個分の信号点が現れる。

このような具体例からも分かるように、本発明の多重QAM変調装置では、QAM変調波のさらなる多値化を実現しつつ、信号点配置の自由度を一段と高めることが可能になる。

(2)

なお好ましくは、QAM変調部は、少なくとも2つのQAM変調波に対して位相差を設ける。

以下、具体例を挙げて説明する。

図3は、位相差を設けた多重QAM変調波の合成例を示す図である。合成前のQAM変調波M1, M4には、搬送波間に位相差 θ が設けられている。このようなQAM変調波M1, M4を合成することにより、図3に示す多重QAM変調波MPを生成することができる。

この多重QAM変調波MPは、合成前に与えた位相差 θ によって、図3に示す

うな局所的な傾斜を信号点配置に与えることが可能になる。

このような具体例からも分かるように、請求項 2 の多重QAM変調装置では、信号点配置に局所的な傾斜を導入することが可能となり、今まで以上に柔軟な信号点配置を容易に実現することができる。

5 (3)

さらに好ましくは、変調波合成部が、多重QAM変調波の送信出力を、同一の伝送路で使用されるその他のQAM変調方式の送信出力と同一にする。

10 このように送信出力を従来方式と同一レベルに揃えることにより、同一の伝送路を使用するその他のQAM変調方式に代えて、本発明方式の多重QAM変調波を即座に使用できる。

特に、大きな利得の変調波（以下『主変調波』という）に対して、小さな利得の変調波（以下『従変調波』という）を十分に小さく設定した場合、従来のQAM復調器をそのまま使用して主変調波を復調することが可能になる。この場合、主変調波を用いて従来互換を維持したデータ伝送を行いつつ、従変調波を使用してその他のデータも伝送するといった実用的な態様が可能となる。

15 (4)

なお好ましくは、搬送波周波数の異なる複数の多重QAM変調波を周波数多重する周波数多重部を備えたことを特徴とする。

本発明方式の多重QAM変調波は、搬送波周波数の等しいQAM変調波を多重するため、シングルキャリアの特徴を有する。そのため、本発明方式の多重QAM変調波は、限られた周波数帯域を効率的に利用できるという点で大変優れてい

る。

この特徴を活かして、多重QAM変調波を更に周波数多重する。その結果、一度に伝送可能なデータ量を更に増加させ、一段と高速なデータ伝送を実現することが可能になる。

25 (5)

また、本発明の多重QAM復調装置は、多重QAM変調装置から伝送される多重QAM変調波の受信信号を復調して、利得差多重された複数の入力データを求める多重QAM復調装置である。この多重QAM復調装置は、次の確率演算部お

より復調部を備える。

まず、確率演算部は、伝送路による信号点の分散に基づいて、受信信号が各信号点に該当する確率を求める。

復調部は、求めた確率に基づいて、利得差多重された複数の入力データごとに
5 期待値を算出し、この期待値に基づいて入力データを推定する。

(6)

なお、好ましくは、上記の復調部は、大きな変調波利得で多重された入力データの推定を先に実施し、推定した入力データからありえない信号点を除いて、残りの入力データの推定を実施する。

10 このような処理により、残りの入力データの推定精度を高めることが可能になる。さらに、残りの入力データの推定にかかる演算量を軽減することも可能になる。

(7)

15 また、本発明の別の多重QAM復調装置は、多重QAM変調装置から伝送される多重QAM変調波の受信信号を復調して、利得差多重された複数の入力データを求める多重QAM復調装置である。この多重QAM復調装置は、次の判定部を備える。

20 すなわち、判定部は、伝送路の特性に基づいて、受信後の多重QAM変調波に現れる各信号点を推測し、『推測した各信号点』と『受信信号の信号点』との距離に基づいて、最も可能性の高い信号点を特定し、特定した信号点から複数の入力データを求める。

(8)

25 また、本発明の別の多重QAM復調装置は、多重QAM変調装置から伝送される多重QAM変調波の受信信号を復調して、利得差多重された複数の入力データを求める多重QAM復調装置である。この多重QAM復調装置は、次のトレーニング部を備える。

すなわち、トレーニング部は、信号伝送のイニシャライゼーション期間中に多重QAM変調装置から伝送される規定のトレーニング信号を受信し、トレーニング信号に基づいて多重QAM変調波の信号間距離が受信後に確保できるよう、多

重QAM変調装置側との間で、利得差多重するQAM変調波のQAM値、QAM変調波間の利得差、およびQAM変調波間の位相差の少なくとも一つのパラメータを決定する。

(9)

5 なお、本発明の通信方法は、上述した多重QAM変調装置を使用して多重QAM変調波を生成する手順と、生成された多重QAM変調波を通信先へ送出する手順とを備える。

図面の簡単な説明

10 なお、本発明における上述した目的およびそれ以外の目的は、以下の説明と添付図面とによって容易に確認することができる。

図1は、多重QAM変調波の合成例を示す図である。

図2は、別の合成例を示す図である。

図3は、別の合成例を示す図である。

15 図4は、本実施形態における多重QAM変調装置11の構成を示すブロック図である。

図5は、本実施形態における多重QAM復調装置21の構成を示すブロック図である。

図6は、条件付き確率の計算を説明する図である。

20 図7は、期待値の計算を説明する図である。

図8は、トレーニング動作の手順を示す流れ図である。

図9は、別の復調プロセスを示す図である。

発明を実施するための最良の形態

25 以下、図面に基づいて本発明にかかる実施形態を説明する。

[多重QAM変調装置の説明]

図4は、本実施形態における多重QAM変調装置11の構成を示すブロック図である。

図4において、多重QAM変調装置11には、複数の入力データX1, X2が

入力される。これら入力データX1, X2は、独立したデータでもよいし、本来一つのデータを区分することによって作成されたデータでもよい。

これらの入力データX1, X2は、QAM変調部12a, 12bにそれぞれ与えられる。これらのQAM変調部12a, 12bには、同一周波数の搬送波が与えられる。QAM変調部12a, 12bは、この同一周波数の搬送波を用いて、入力データX1, X2をそれぞれQAM変調（直交振幅変調）し、複数のQAM変調波M1, M2を生成する。

生成されたQAM変調波M1, M2は、利得調整部13a, 13bによって利得差が調整された後、加算部14に入力される。加算部14は、このQAM変調波M1, M2を加算して合成することにより、多重QAM変調波MMを生成する。

なお、この場合の利得差は、合成後の多重QAM変調波MMにおいて、信号点が重複しないように決定すればよい。

このように決定された利得差の好適な一例としては、従来方式のQAM変調波の利得を基準にして、一方のQAM変調波M1の利得を0.995倍（送信出力では0.99倍）とし、他方のQAM変調波M2の利得を0.1倍（送信出力で0.01倍）とする。

図1～図3は、多重QAM変調波の合成例を示す図である。（図1～図3について、発明の開示の欄で既に説明したため、ここでの重複説明を省く）

実際には、合成前のQAM値、合成前の利得差、合成前の信号点配置、合成前の位相差などを変更することにより、更に多種多様な信号配置の多重QAM変調波を自在に生成することが可能である。

加算部14は、このように生成された多重QAM変調波MMの送信出力を、同一の伝送路上で使用されるその他のQAM変調方式の送信出力と等しく揃えた上で、通信先である多重QAM復調装置21へ送出する。

なお、周波数多重部15を使用することにより、周波数帯域の異なる複数の多重QAM変調波を周波数多重してもよい。

[多重QAM復調装置の説明]

図5は、本実施形態における多重QAM復調装置21の構成を示すブロック図である。

図5において、多重QAM復調装置21は、伝送路を介して、多重QAM変調波MMの受信信号Yを受信する。（なお、送信側において多重QAM変調波MMが周波数多重されている場合には、不図示の周波数弁別部を用いて個々の多重QAM変調波に分割される。）

- 5 この受信信号Yは、等価部22に入力され、伝送路の伝搬によって生じた振幅位相の変化が補正される。

ここで、伝送路の背景雑音が存在しない場合を想定することにより、理想的な受信信号Y_oの式を求める。

- まず、伝送路（等価部22も含む）をHと表し、上述した利得調整部13a, 13bの利得をそれぞれG1, G2とする。（このG1, G2には位相を含めてよい）

すると、理想的な受信信号Y_oは、下式のようなIQコンスタレーション上のベクトル式で表現できる。

$$Y_o = [X_1 \ X_2] \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix}$$

$$\equiv X h \quad \cdots(1)$$

- 15 ただし、上式中のX1, X2は、合成前のQAM変調波M1, M2をIQコンスタレーション上のベクトル値で表現したものである。また、H1は(G1 · H)に対応し、H2は(G2 · H)に対応する。

- この理想的な受信信号Y_o = Xhは、図6に示す受信信号Yの各信号点の中心位置に相当する。実際の受信信号Yは、この理想的な受信信号Y_o = Xhに伝送路の背景雑音が加算されたものとなる。したがって、送信信号X = (X1, X2)が、受信信号Yとなる確率f_{Y/X}は、

$$f_{Y/X} = c \exp \left[\frac{-\|Y - Xh\|^2}{2\sigma^2} \right] \quad \cdots(2)$$

- の式で表すことができる。ただし、上式中のσ²は、IQコンスタレーション上における背景雑音の分散値であり、cは正規化係数である。また、||Y - Xh||は、各信号点の中心Xhと受信信号Yとの信号間距離に対応する。

多重QAM復調装置21のメモリ24には、(2)式の計算に必要な伝送路の特性 h 、および伝送路の背景雑音の分散 σ^2 が記録されている。これらの値は、後述するトレーニング動作によって決定される値である。

確率演算部23は、メモリ24から特性 h や分散値 σ^2 を読み出し、取りうるすべての送信信号 $X = (X_1, X_2)$ について、受信信号 Y となる条件付き確率 $f_{Y/X}$ を(2)式に従って算出する。

このように算出された条件付き確率の値は、期待値演算部25a, 25bにそれぞれ入力される。

図7[A]に示す点線範囲は、変調波利得の大きな入力データ X_1 が同じ値をとる範囲に信号点をそれぞれ区切ったものである。この点線範囲の単位に、条件付き確率 $f_{Y/X}$ を加算することによって、受信信号 Y が入力データ X_1 に該当する確率を求めることができる。この入力データ X_1 と確率とを積和演算することによって、入力データ X_1 の期待値 $E(X_1)$ を求めることができる。

すなわち、入力データ X_1 の期待値 $E(X_1)$ は、

$$E(X_1) = \frac{\sum(X_1, X_2) \cdot f_{Y/X}}{\sum f_{Y/X}}$$

$$= \frac{\sum X \cdot f_{Y/X}}{\sum f_{Y/X}} \quad \dots (3)$$

となる。

期待値演算部25aは、この(3)式に従って、期待値 $E(X_1)$ を算出する。

入力データ推定部26aは、合成前のQAM変調波M1のIQコンスタレーション上において、期待値 $E(X_1)$ に一番近い信号点を求め、その信号点に該当する入力データ X_1 を復調結果として出力する。

期待値演算部25bは、この入力データ X_1 の復調結果を取得する。通常、入力データ X_2 が同じ値をとる信号点は、変調波利得の大きな入力データ X_1 によって振られるため、図7[B]に斜線で示す範囲のように広く拡散してしまう。そのため、入力データ X_2 の期待値 $E(X_2)$ に誤差が混入しやすい。

そこで、期待値演算部25bは、入力データ X_1 の復調結果に基づいて、ありえない信号点の条件付き確率 $f_{Y/X}$ をゼロに置き換えた上で、

$$E(X2) = \frac{\sum (X1, X2) \cdot f_{Y/X}}{\sum f_{Y/X}}$$

$$= \frac{\sum X \cdot f_{Y/X}}{\sum f_{Y/X}} \quad \cdots (4)$$

を算出する。このような期待値 E (X 2) の計算では、図 7 [B] に示すような実線範囲に計算範囲が限定されるため、より正確な期待値 E (X 2) を求めることができる。

- 5 入力データ推定部 26 b は、合成前のQAM変調波M2のIQコンスタレーション上において、期待値 E (X 2) に一番近い信号点を求め、その信号点に該当する入力データ X 2 を復調結果として出力する。

上述した一連の手順に従って受信信号 Y を処理することにより、多重 QAM 復調装置 21 は、入力データ X 1, X 2 をそれぞれ復調することができる。

10 [トレーニング動作の説明]

次に、信号伝送のイニシャライゼーション期間中に実施されるトレーニング動作について説明する。

図 8 は、このトレーニング動作の手順を示す流れ図である。

- (ステップ S 1) 多重 QAM 变调装置 11 は、規定のトレーニング信号を多重
15 QAM 变调装置 21 へ送信する。多重 QAM 变调装置 21 では、このトレーニン
グ信号を受信する。多重 QAM 变调装置 21 のトレーニング部 27 は、このトレ
ーニング信号の受信信号に基づいて、伝送路のノイズレベルを求める。

(ステップ S 2) トレーニング部 27 は、伝送路のノイズレベルと、QAM 变
调波 M1 の送信出力とに基づいて、QAM 变调波 M1 の S/N を算出する。

- 20 (ステップ S 3) トレーニング部 27 は、QAM 变调波 M1 の S/N に基づい
て対応テーブルを参照して、QAM 变调波 M1 の QAM 値を決定する。この対応
テーブルは、QAM 变调波 M1 の S/N に対応付けて、予め実験または理論計算
で求めた最適な QAM 値を格納したものである。なお、対応テーブルによる方法
以外として、QAM 値決定アルゴリズムによる方法でもよい。

- 25 (ステップ S 4) トレーニング部 27 は、伝送路のノイズレベルと、QAM 变
调波 M2 の送信出力とに基づいて、QAM 变调波 M2 の S/N を算出する。

(ステップS 5) トレーニング部27は、QAM変調波M2のS/Nに基づいて対応テーブルを参照して、QAM変調波M2のQAM値を決定する。この対応テーブルは、QAM変調波M2のS/Nに対応付けて、予め実験または理論計算で求めた最適なQAM値を格納したものである。なお、対応テーブルによる方法以外として、QAM値決定アルゴリズムによる方法でもよい。

このようなQAM値の決定により、多重QAM変調波MMの信号間距離を受信後に適宜確保することが可能になる。なお、伝送路のノイズレベルが、本発明方式に不十分な場合、QAM変調波M2のQAM値はゼロとなる。この場合、QAM変調波M1の送信出力を従来通りの出力レベルに戻した上で、QAM変調波M1のみを用いた従来通りの信号伝送が行われる。

(ステップS 6) トレーニング部27は、決定されたQAM値を、多重QAM変調装置11に通知する。

(ステップS 7) トレーニング部27は、受信されたトレーニング信号の信号点配置を解析して、伝送路の特性 h 、および伝送路による信号点の分散 σ^2 を求め。トレーニング部27は、求めた値をメモリ24に格納する。なお、ステップS1で求めておいた伝送路のノイズレベルから、信号点の分散 σ^2 を推定してもよい。

上述した動作により、イニシャライゼーション期間中に実施されるトレーニング動作が完了する。

20 [発明との対応関係]

以下、上述した実施形態と請求項の記載事項との対応関係について説明する。なお、ここでの対応関係は、参考のために一解釈を例示するものであり、本発明を徒らに限定するものではない。

請求項記載のQAM変調部は、QAM変調部12a, 12bに対応する。

25 請求項記載の変調波合成部は、利得調整部13a, 13b、および加算部14に対応する。

請求項記載の周波数多重部は、周波数多重部15に対応する。

請求項記載の確率演算部は、確率演算部23に対応する。

請求項記載の復調部は、期待値演算部25a, 25b、および入力データ推定

部 26 a, 26 b に対応する。

請求項記載のトレーニング部は、トレーニング部 27 に対応する。

[本実施形態の効果など]

以上説明したように、本実施形態では、搬送波周波数の等しい複数のQAM変調波に利得差を与えて合成することにより、QAM変調波のさらなる多值化を実現することができる。

さらに、合成前の利得差、合成前の各QAM値、合成前の位相差などを調整することによって、従来不可能であった信号点配置を高い自由度で実現することができる。

また、本実施形態では、多重QAM変調波の送信出力を従来方式の送信出力と同一レベルに揃えているので、同一の伝送路を使用するその他のQAM変調方式に代えて、本発明方式の多重QAM変調波を即座に使用できる。

さらに、本発明方式の多重QAM変調波は、搬送波周波数の等しいQAM変調波を多重するため、シングルキャリアの特徴を有する。そのため、本発明方式の多重QAM変調波は、限られた周波数帯域を効率的に利用できるという点で大変優れている。更にこの特徴を活かして、多重QAM変調波を周波数多重することにより、一度に伝送可能なデータ量を増加させることもできる。

また、本実施形態では、変調波利得の大きな入力データX1を先に復調し、入力データX1の復調結果に基づいて、残りの入力データX2の推定範囲を限定している。その結果、入力データX2の推定精度を高めつつ、入力データX2の推定にかかる演算量を軽減している。

さらに、本実施形態では、イニシャライゼーション期間中に、トレーニング動作を行い、合成前のQAM変調波M1、M2のQAM値を適正に決定する。したがって、伝送路の状態に合わせて、多重QAM変調波の信号間距離を受信後に適切に確保することが可能になる。

[実施形態の補足事項]

以下、実施形態について補足説明を行う。

上述した実施形態では、2つのQAM変調波を合成する場合について説明した。

しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、3つ以上のQ

AM変調波を合成してもよい。このような場合も、複数のQAM変調波に利得差を与えることによって、多重QAM変調波の信号点重複を回避できる。

また、上述した実施形態では、入力データの期待値を細かく演算することにより、高精度な復調結果を得ている。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、図9に示すように、多重QAM変調波の理想的な受信信号 Y_o の信号点配置において、受信信号 Y と一番近い信号点を求め、この信号点に該当する入力データ X_1, X_2 を直に求めてもよい（請求項7に対応）。

なお、この場合も、変調波利得の大きな入力データ X_1 を先に決定し、その入力データ X_1 から信号点の存在範囲（図9中のA）を限定した上で、さらに受信信号 Y と一番近い信号点を求めて、残りの入力データ X_2 を決定してもよい。このような段階的処理によって、入力データ X_2 の復調にかかる演算量を軽減することができる。

また、上述した実施形態では、トレーニング動作により、合成前のQAM値を決定している。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。トレーニング動作において、合成前の利得差、合成前の位相差などを決定してもよい。なお、これらのパラメータはいずれも、多重QAM変調波の信号点距離が受信後に適切に確保できるように決定すればよい。

なお、上述した実施形態では、トレーニング動作において伝送路のノイズレベルを検出し、そのノイズレベルからQAM変調波M1, M2のS/Nを求めていく。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、トレーニング動作においてQAM変調波M1, M2をそれぞれ伝送して、QAM変調波M1, M2の各S/Nを直に求めてもよい。また、トレーニング動作において、利得多重したQAM変調波を伝送して、利得多重したQAM変調波のS/Nを求めてよい。さらに、利得多重したQAM変調波のS/Nに基づいて、分離後のQAM変調波M1, M2のS/Nを求めてよい。また、トレーニング動作において、従来通りのQAM変調波を伝送してS/Nを求め、このS/NとQAM変調波M1, M2の送信出力とにに基づいて、QAM変調波M1, M2の各S/Nを算出してもよい。

なお、本発明は、その精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろ

いろいろな形で実施することができる。そのため、前述の実施例はあらゆる点で単なる例示に過ぎず、限定的に解釈してはならない。本発明の範囲は、特許請求の範囲によって示すものであって、明細書本文には、なんら拘束されない。さらに、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、すべて本発明の範囲内のもの
5 である。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明の多重QAM変調装置は、搬送波周波数の等しい複数のQAM変調波に利得差を与えて合成することにより、信号点の分離可能な
10 多重QAM変調波を生成する。この多重QAM変調波は、シングルキャリアの特徴を有するため、限られた周波数帯域を効率的に利用しつつ、利得差による多値化を実現できるという点で優れている。

また、この多重QAM変調波は、合成前の利得差、合成前の信号点配置、合成前
15 の位相差などを調整することによって、種々多様な信号点配置を容易に実現できるという点で非常に優れている。

また、本発明の多重QAM復調装置では、伝送路の伝搬によって生じる信号点の分散に基づいて、受信信号が各信号点に該当する確率を求める。これら各信号点の確率と、各信号点が示す入力データの値とを積和演算することにより、各入力データの期待値を算出することができる。これら期待値に基づいて推定される
20 入力データを決定する。このような動作により、利得差多重された入力データを的確に分離して、復調することが可能になる。

なお好ましくは、多重QAM復調装置は、大きな変調波利得で多重された入力データの推定を先に実施する。

通常、大きな変調波利得で多重された入力データに該当する信号点の群は、I
25 Qコンスタレーション上において局所的に集中する（例えば、図7[A]参照）。したがって、このような入力データについて先に推定を行うことにより、先に高精度な復調結果を部分的に得ることができる。

一方、残りの入力データは、変調波利得の大きな入力データによって信号点の位置が振られるため、その入力データに該当する信号点が拡散する（例えば、図

7 [B] 参照)。しかしながら、先に推定した『変調波利得の大きな入力データ』によって、信号点の存在可能な範囲を予め狭く限定することができる。このような信号点の限定により、残りの入力データについても的確に推定することが可能になり、一段と正確な復調結果を得ることができる。

5 また、本発明の別の多重QAM復調装置では、多重QAM変調波の信号点配置と伝送路の特性に基づいて受信信号の各信号点の位置を予め推測しておく。この推測した各信号点と、多重QAM変調波の信号点との距離に基づいて、最も可能性の高い信号点を決定することによって、多重QAM変調波を復調する。このような復調方式では、受信信号の信号点の位置を予め推測して決定しておくことにより、受信信号の信号点と一番近い推測信号点を比較決定するだけで、即座に受信信号の信号点を特定することができる。したがって、多重QAM変調波を、少ない演算量で迅速に復調することが可能になる。

10 さらに、本発明の別の多重QAM復調装置は、イニシャライゼーション期間中のトレーニングにより、多重QAM変調波のパラメータ（利得差多重するQAM
15 変調波のQAM値、QAM変調波間の利得差、およびQAM変調波間の位相差の少なくとも一つ）を決定する。

15 上述したように、多重QAM変調波の信号点配置は自由度が非常に高い。したがって、上記したパラメータのトレーニングでは、多種多様な信号点配置を選ぶことが可能であり、広い選択肢の中から伝送路の状態に一段と適した信号点配置
20 を設定することが可能になる。

また、本発明の通信方法は、上述した多重QAM変調装置を使用して、利得差多重された多重QAM変調波を生成し、生成された多重QAM変調波を伝送路の送出する通信方法である。

25 このような通信方法により、上述した長所を有する多重QAM変調波を使用した信号伝送が実現する。

請求の範囲

1. 複数の入力データを、共通の搬送波周波数でそれぞれ Q A M 変調 (Quadrature Amplitude Modulation) して、複数の Q A M 変調波を生成する Q A M 変調部と、

5 複数の前記 Q A M 変調波を合成して、多重 Q A M 変調波を生成する変調波合成部とを備え、

前記変調波合成部は、

合成後の前記多重 Q A M 変調波の信号点が重複しないように、合成する複数の前記 Q A M 変調波に利得差を与える

10 ことを特徴とする多重 Q A M 変調装置。

2. 請求項 1 に記載の多重 Q A M 変調装置において、

前記 Q A M 変調部は、

少なくとも 2 つの前記 Q A M 変調波に対して位相差を与える
ことを特徴とする多重 Q A M 変調装置。

15 3. 請求項 1 に記載の多重 Q A M 変調装置において、

前記変調波合成部は、

前記多重 Q A M 変調波の送信出力を、同一の伝送路で使用される他の Q A M 変調方式の送信出力と同一にする

ことを特徴とする多重 Q A M 変調装置。

20 4. 請求項 1 に記載の多重 Q A M 変調装置において、

搬送波周波数の異なる複数の前記多重 Q A M 変調波を周波数多重する周波数多重部を備えた

ことを特徴とする多重 Q A M 変調装置。

5. 多重 Q A M 変調装置から伝送される多重 Q A M 変調波の受信信号を復調して、利得差多重された複数の入力データを求める多重 Q A M 復調装置であって、

25 伝送路による信号点の分散に基づいて、前記受信信号が各信号点に該当する確率を求める確率演算部と、

前記受信信号が各信号点に該当する確率に基づいて、利得差多重された複数の前記入力データごとに期待値を算出し、前記入力データの前記期待値に基づいて

前記入力データを推定する復調部と
を備えたことを特徴とする多重QAM復調装置。

6. 請求項5に記載の多重QAM復調装置において、

前記復調部は、

5 大きな変調波利得で多重された前記入力データの推定を先に実施し、推定した
入力データからありえない信号点を除いて、残りの入力データの推定を実施する
ことを特徴とする多重QAM復調装置。

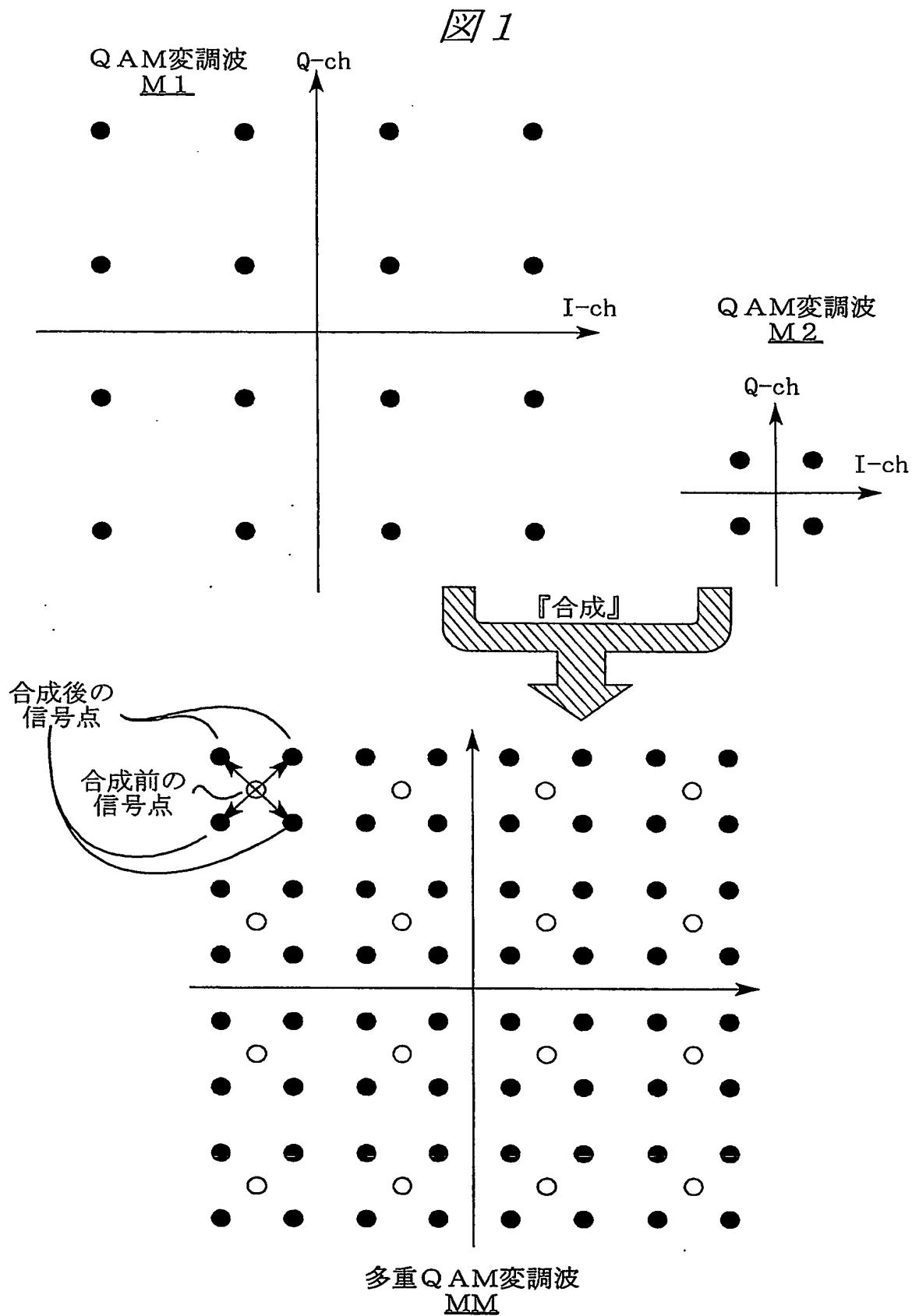
7. 多重QAM変調装置から伝送される多重QAM変調波の受信信号を復調し
て、利得差多重された複数の入力データを求める多重QAM復調装置であって、

10 前記多重QAM変調波の信号点配置と伝送路の特性とに基づいて、受信後の前
記多重QAM変調波に現れる各信号点を推測し、推測した各信号点と前記受信信
号の信号点との距離に基づいて、最も可能性の高い信号点を特定し、特定した信
号点から複数の前記入力データを求める判定部と
を備えたことを特徴とする多重QAM復調装置。

15 8. 多重QAM変調装置から伝送される多重QAM変調波の受信信号を復調し
て、利得差多重された複数の入力データを求める多重QAM復調装置であって、
信号伝送のイニシャライゼーション期間中に前記多重QAM変調装置から伝送
される規定のトレーニング信号を受信し、前記トレーニング信号に基づいて前記
多重QAM変調波の信号間距離が受信後に確保できるよう、前記多重QAM変調
装置側との間で、前記多重QAM変調波に利得差多重される各QAM変調波のQ
20 AM値、前記QAM変調波間の利得差、および前記QAM変調波間の位相差の少
なくとも一つのパラメータを決定するトレーニング部を備えた
ことを特徴とする多重QAM復調装置。

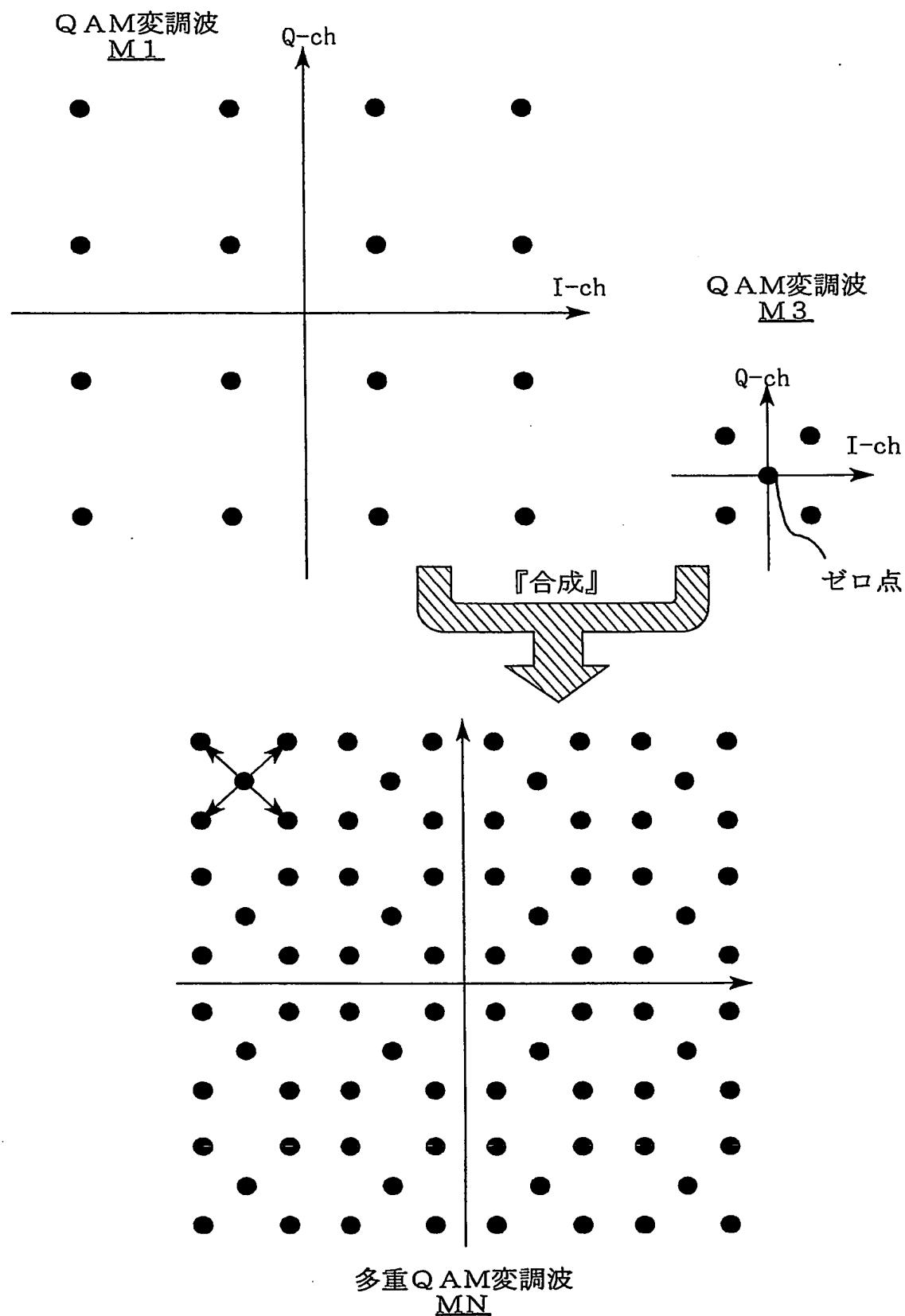
9. 多重QAM変調装置を使用して多重QAM変調波を生成する手順と、
25 生成された前記多重QAM変調波を通信先へ送出する手順と
を備えたことを特徴とする通信方法。

1 / 9



2 / 9

図2



3 / 9

図3

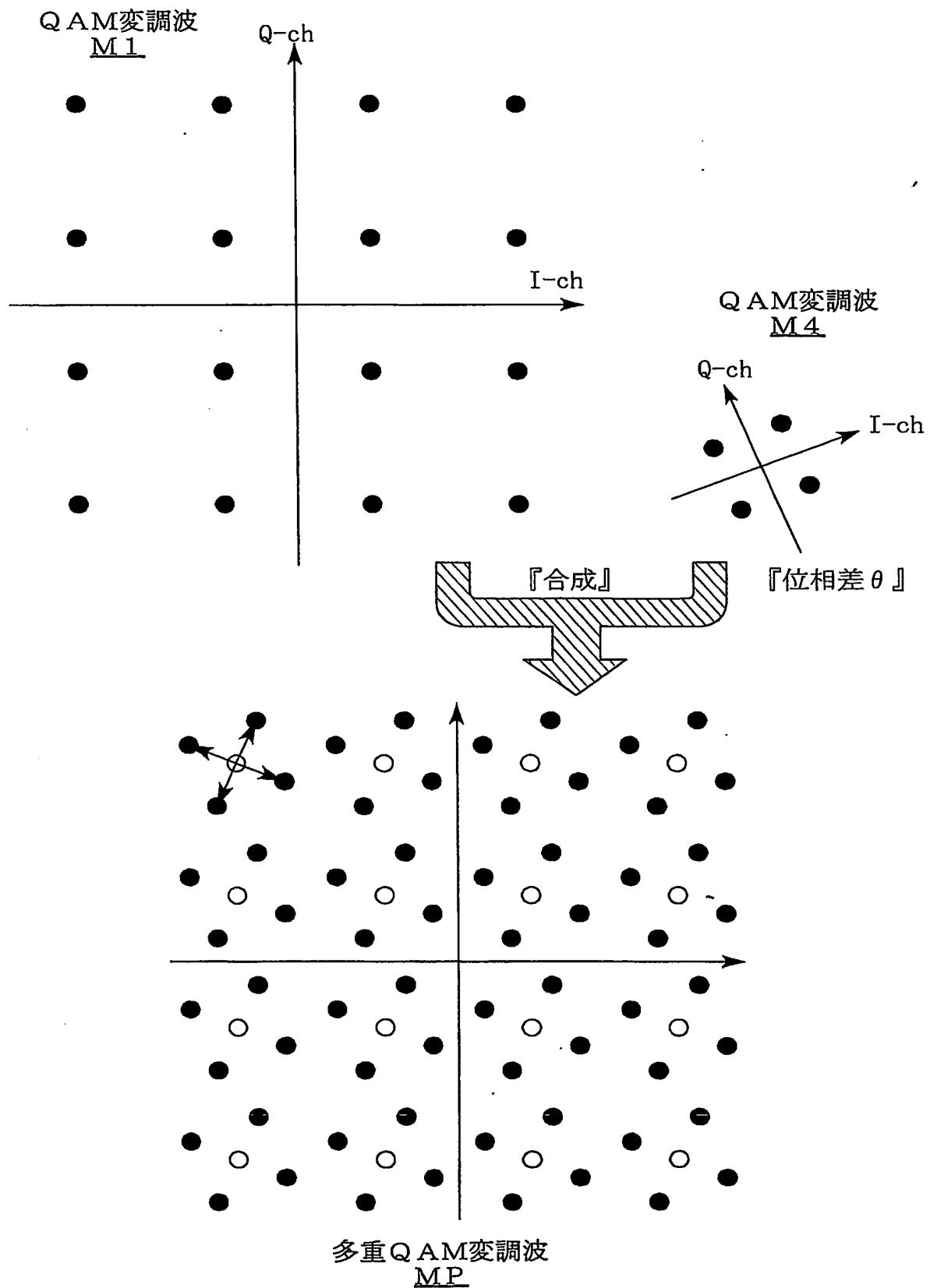
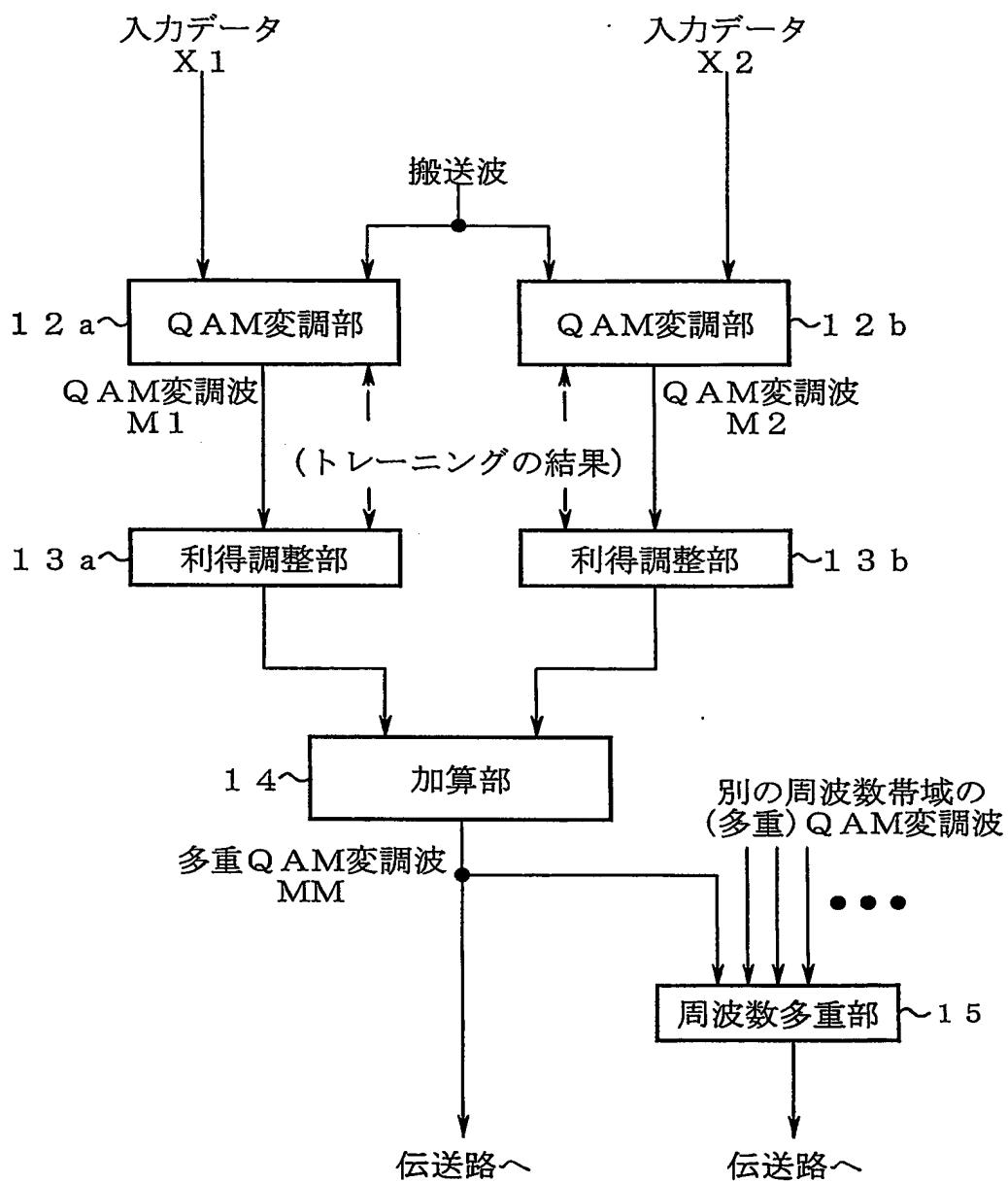


図4

1.1 多重QAM変調装置

5 / 9

図 5

2.1 多重QAM復調装置

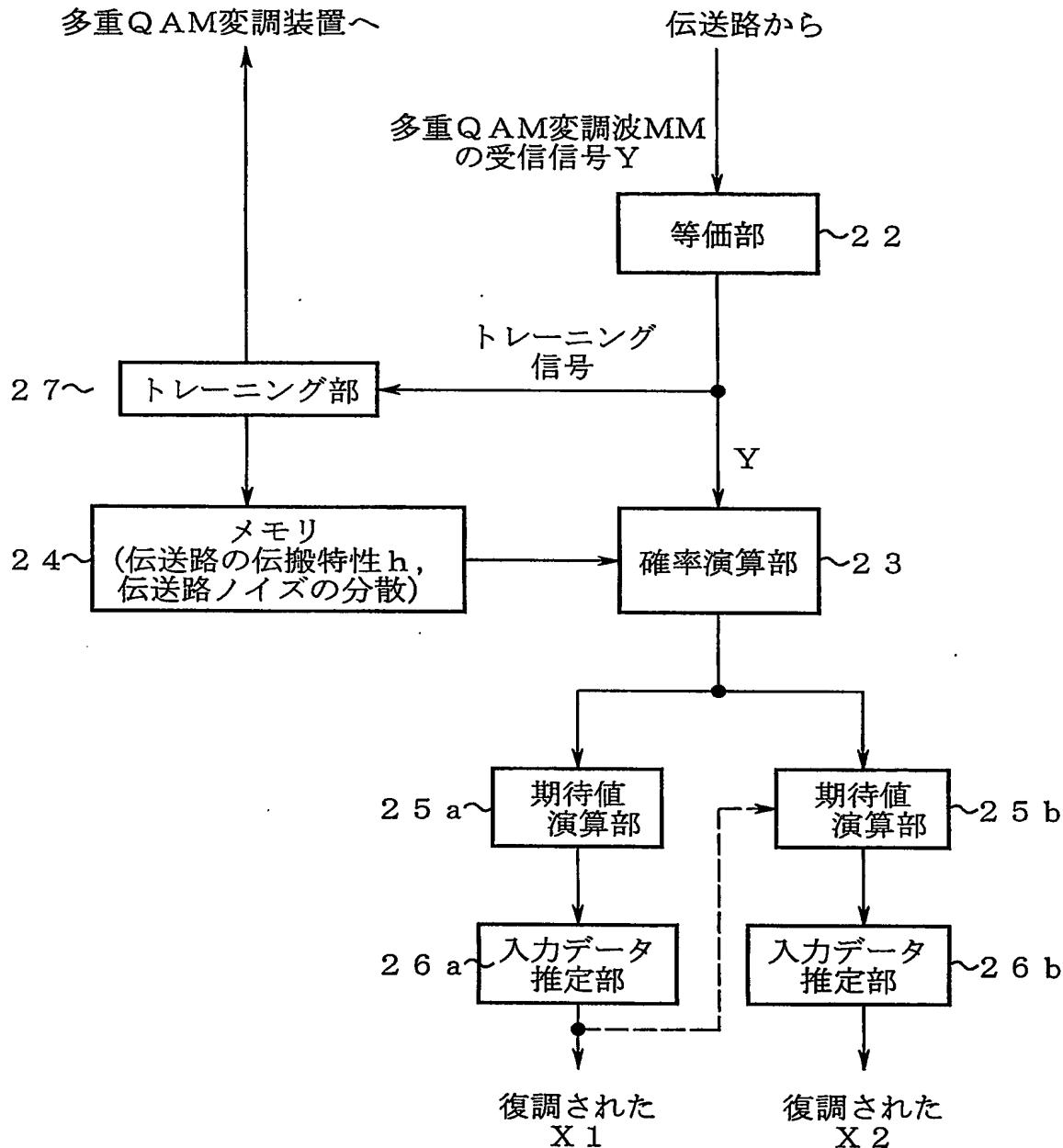
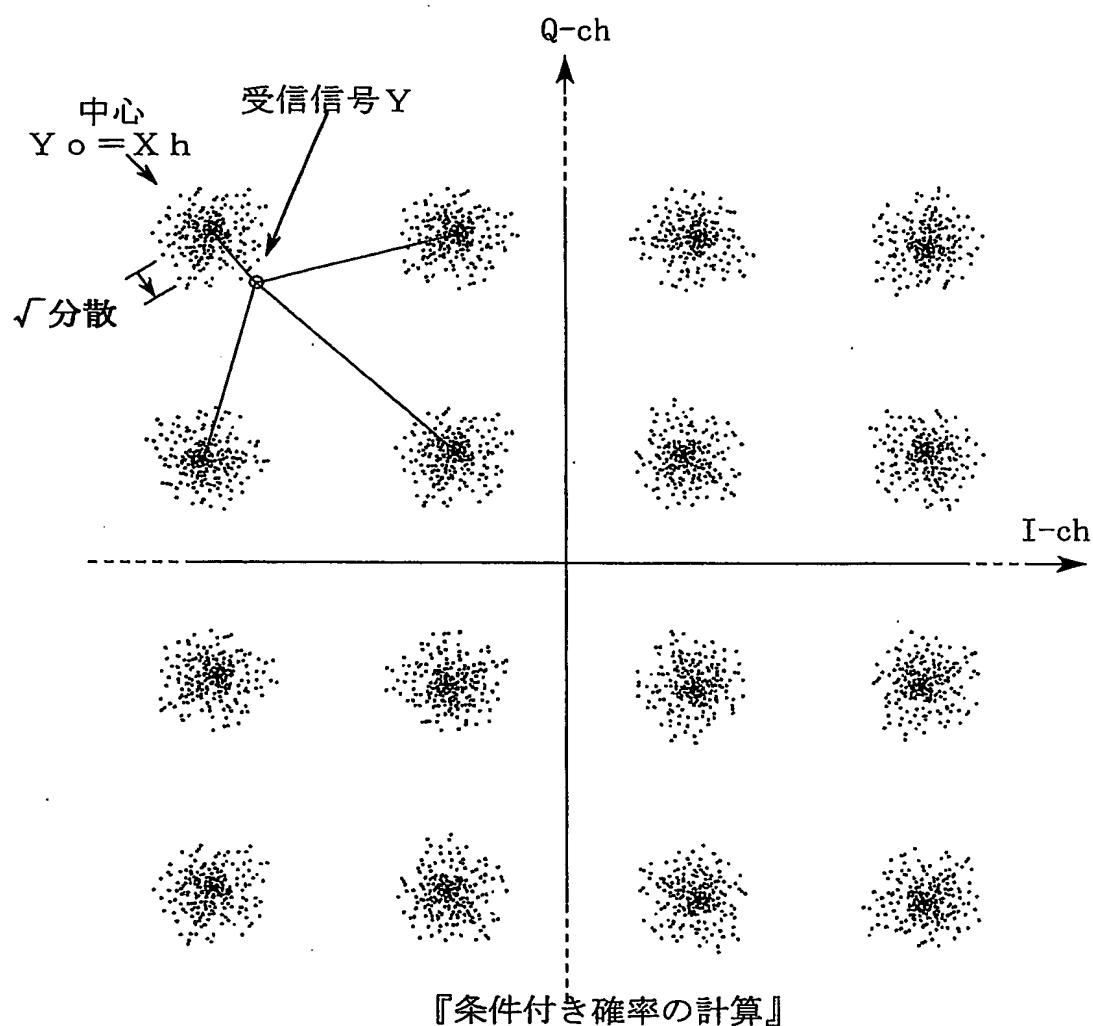


図 6



7 / 9

図 7

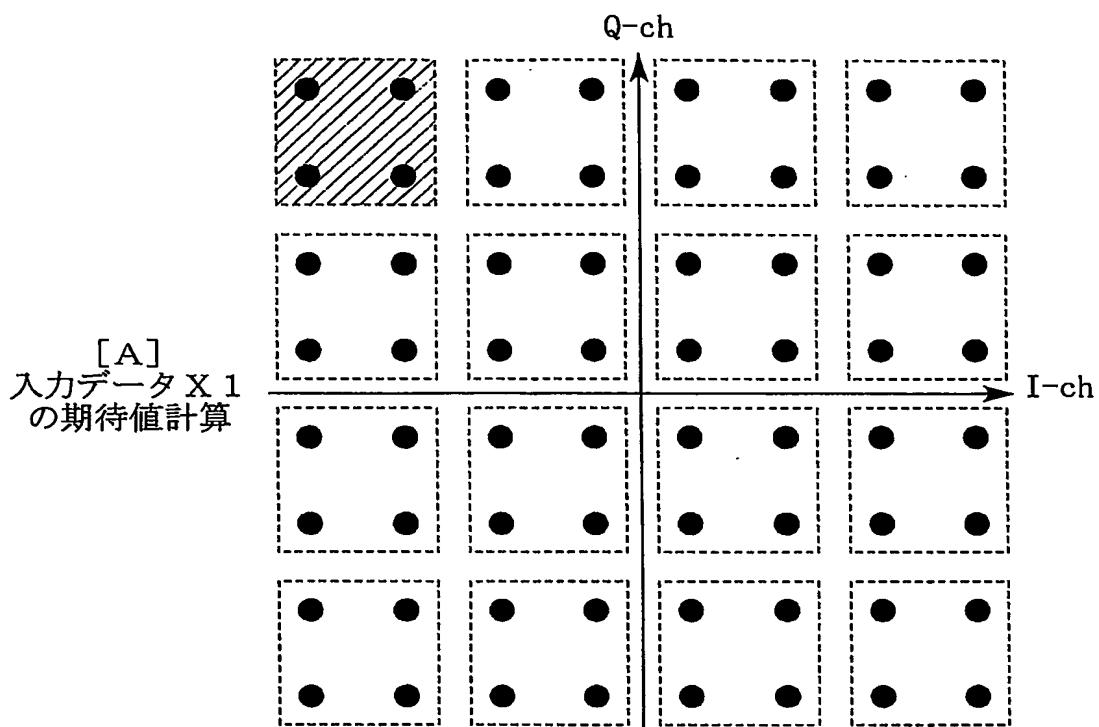
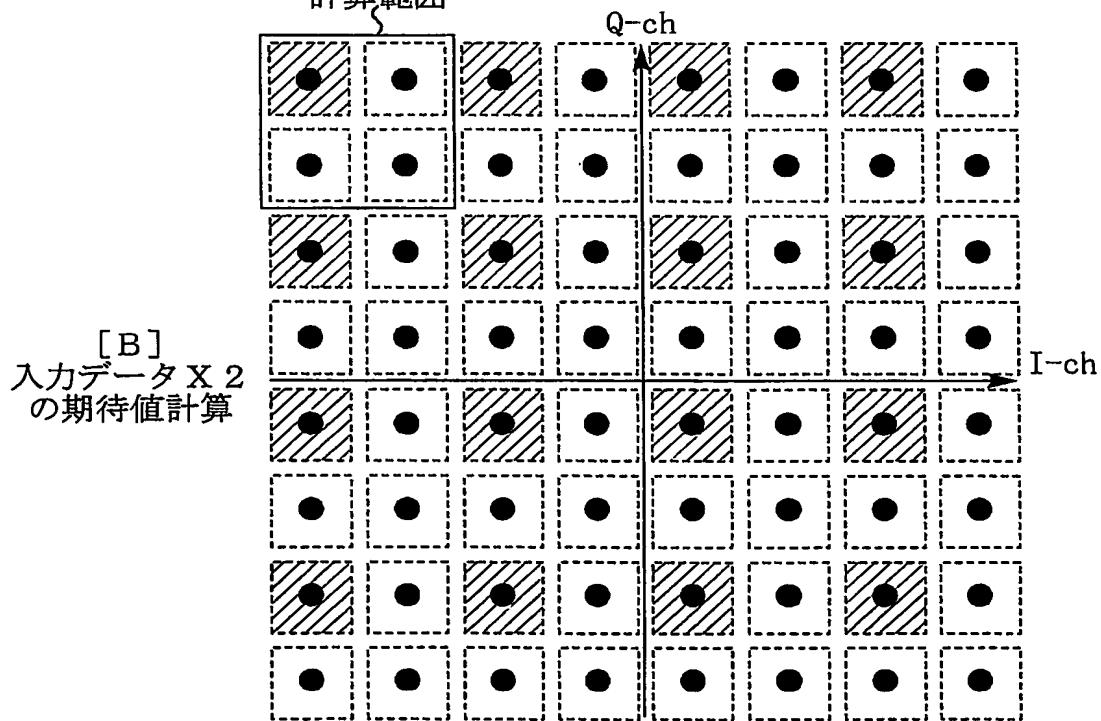
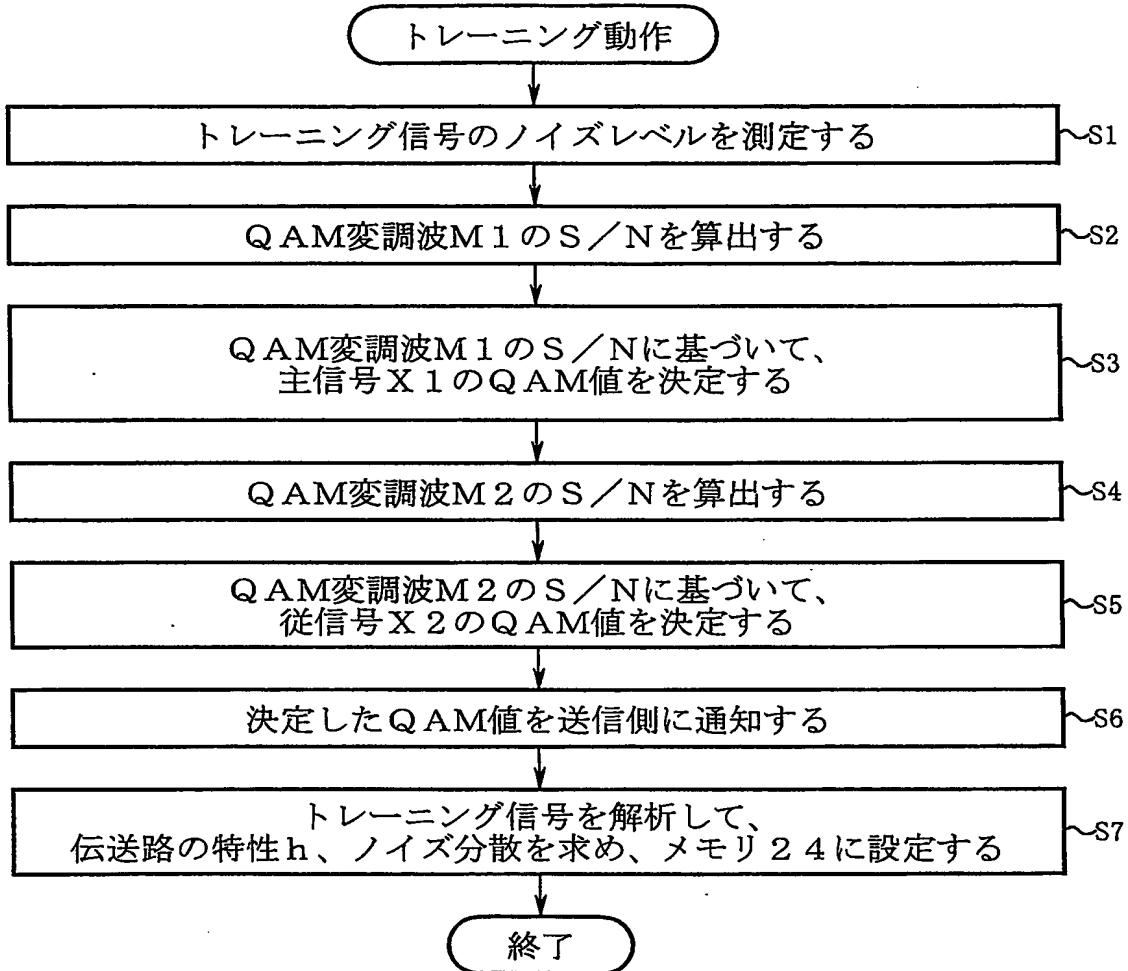
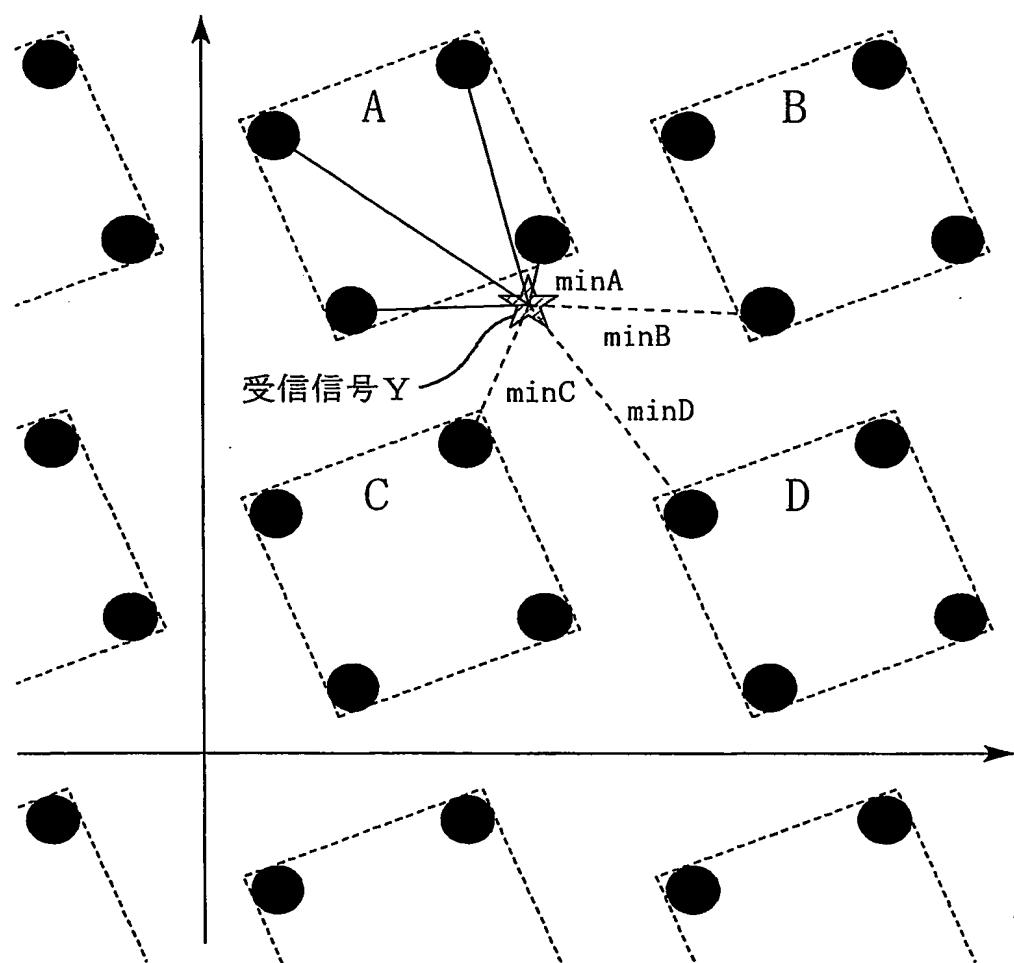
X 1 推定後の
計算範囲

図8



9 / 9

图 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14248

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04L27/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04L27/00, H04J1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4464767 A1 (Paradyne Corp., Largo, Fla.), 07 August, 1984 (07.08.84), Column 2, lines 4 to 33; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1,3,9 2,4,7,8
X	JP 06-090263 A (Loral Aerospace Corp.), 29 March, 1994 (29.03.94), Page 2, right column, line 49 to page 3, left column, line 2; page 3, left column, lines 26 to 44; Figs. 3 to 5 & US 5237292 A & EP 583059 A1 & CA 2092452 A & DE 69314877 E	1,3,9 2,4,7,8

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

"A"	Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E"	earlier document but published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search 23 January, 2004 (23.01.04)	Date of mailing of the international search report 03 February, 2004 (03.02.04)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14248

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Kazuhiro MIYAUCHI, Seizo SEKI, AND Hideki ISHIO, "New Technique for Generating and Detecting Multilevel Signal Formats", Communications, IEEE Transactions on, February 1976, Vol.24, Issue 2, pages 263 to 267, Fig. 5	2
Y	Hideki ISHIO, Koichi AOYAMA, Morihiko INOGUCHI, Seizo SEKI, "Taso Tachi Hansoha Digital Tsushin no Ichihoshiki", Denshi Tsushin Gakkai Tsushin Hoshiki Kenkyukai Shiryo, Denshi Tsushin Gakkai, 29 January, 1975 (29.01.75), pages 57 to 64; Fig. 2(f)	2
Y	JP 04-357727 A (Victor Company Of Japan, Ltd.), 10 December, 1992 (10.12.92), Fig. 1 (Family: none)	4
A	JP 03-174851 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 30 July, 1991 (30.07.91), Page 2, lower left column, line 12 to lower right column, line 7; page 4, upper left column, line 4 to lower right column, line 19; Figs. 4, 5 & US 5233479 A	7 5,6
Y	JP 02-210955 A (Canon Inc.), 22 August, 1990 (22.08.90), Page 3, lower left column, line 16 to lower right column, line 5; page 3, lower right column, lines 14 to 18; page 4, upper left column, line 9 to upper right column, line 2 & US 5351134 A	8
Y	JP 02-092153 A (Canon Inc.), 30 March, 1990 (30.03.90), Page 3, lower left column, line 13 to page 4, upper right column, line 1 (Family: none)	8
A	JP 2002-247123 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 30 August, 2002 (30.08.02), Page 3, left column, lines 5 to 7 (Family: none)	3
A	JP 06-507763 A (British Telecommunications PLC.), 01 September, 1994 (01.09.94), Page 2, lower right column, line 2 to page 3, upper left column, line 19 & WO 92/22162 A1 & AU 9217724 A & EP 587620 A1 & EP 587620 B1 & AU 656972 B & DE 69223961 E & ES 2112318 T3 & SG 47627 A1 & US 5828695 A & CA 2110578 C & JP 3193378 B2	8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14248

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-4, 9 relate to synthesis of a plurality of QAM-modulated waves to which a gain difference has been given.

Claims 5, 6 relate to demodulation of a QAM-modulated wave using an expectation value.

Claim 7 relates to a QAM-modulated wave according to a distance between a signal point estimated and a signal point of a received signal.

Claim 8 relates to a parameter decision of a QAM-modulated wave using a training signal.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/14248

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))
Int. C17 H04L27/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))
Int. C17 H04L27/00, H04J1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 4464767 A1 (Paradyne Corporation, Largo, Fla.), 1984. 08. 07 第2欄第4行目から第33行目, 第1図から第3図 (ファミリーなし)	1, 3, 9 2, 4, 7, 8
X	JP 06-090263 A (ローラル エアロスペース コー ボレーション), 1994. 03. 29 第2頁右欄第49行目から第3頁左欄第2行目, 第3頁左欄第26行目から第44行目, 第3図から第5図 & US 5237292 A & EP 583059 A1 & EP 583059 B1 & CA 2092452 A	1, 3, 9 2, 4, 7, 8
Y		

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23. 01. 2004

国際調査報告の発送日

03. 2. 20

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

高野 洋

5K 3149

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C(続き)	関連すると認められる文献	関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
	&CA 2092452 C &DE 69314877 E	
Y	Kazuhiro Miyauchi, Seizo Seki, and Hideki Ishio, "New Technique for Generating and Detecting Multilevel Signal Formats", Communications, IEEE Transactions on, February 1976, Vol. 24, Issue 2, pages 263 to 267, Fig5	2
Y	石尾秀樹 青山耕一 猪口守弘 関清三, "多相多値搬送波ディジタル通信の一方式" 電子通信学会通信方式研究会資料, 社団法人電子通信学会, 1975年1月29日, p 57~64, 第2図(f)	2
Y	JP 04-357727 A (日本ビクター株式会社), 1992. 12. 10, 第1図 (ファミリーなし)	4
Y	JP 03-174851 A (松下電器産業株式会社), 1991. 07. 30 第2頁左下欄第12行目から右下欄第7行目, 第4頁左上欄第4行目から右下欄第19行目, 第4図, 第5図 &US 5233479 A	7 5, 6
Y	JP 02-210955 A (キヤノン株式会社), 1990. 08. 22 第3頁左下欄第16行目から右下欄第5行目, 第3頁右下欄第14行目から第18行目, 第4頁左上欄第9行目～右上欄第2行目, &US 5351134 A	8
Y	JP 02-092153 A (キヤノン株式会社), 1990. 03. 30 第3頁左下欄第13行目から第4頁右上欄第1行目 (ファミリーなし)	8
A	JP 2002-247123 A (株式会社日立国際電気), 2002. 08. 30 第3頁左欄第5行目から第7行目 (ファミリーなし)	3
A	JP 06-507763 A (ブリティッシュ・テレコミュニケーションズ・パブリック・リミテッド・カンパニー), 1994. 09. 01 第2頁右下欄第2行目から第3頁左上欄第19行目 &WO 92/22162 A1 &AU 9217724 A &EP 587620 A1 &EP 587620 B1 &AU 656972 B &DE 69223961 E &ES 2112318 T3 &SG 47627 A1 &US 5828695 A &CA 2110578 C &JP 3193378 B2	8

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-4、9は利得差を与えた複数のQAM変調波の合成に関するものである。

請求の範囲5、6は期待値を用いたQAM変調波の復調に関するものである。

請求の範囲7は推測した信号点と受信信号の信号点との距離に基づいたQAM変調波の復調に関するものである。

請求の範囲8はトレーニング信号を用いたQAM変調波のパラメータ決定に関するものである。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかつた。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかつたので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかつたので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあつた。

追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかつた。